

STANDARDISATION AND QUALITY CONTROL OF HYDROGEN IN DEDICATED GAS NETWORKS: EUROPEAN AND INTERNATIONAL PRACTICES

Lyudmila Bojkova

University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia; E-mail: l.bojkova@mgu.bg

ABSTRACT. This report presents an analysis of the development of the hydrogen economy, which is considered a key element of the energy transition toward a low-carbon energy system. The widespread integration of hydrogen into energy infrastructure requires the development and implementation of reliable technical standards to ensure safety, interoperability, and effective control of gas quality. The report provides an overview of existing standardisation activities in Europe and at the international level, with a focus on hydrogen networks and the quality of gaseous hydrogen. The main topics addressed include leak detection and emission monitoring, hydrogen odourisation (including the use of sulphur-free odorants), safety and explosion prevention, hydrogen purification systems, as well as gas quality parameters. Based on the analysis, conclusions are drawn regarding existing gaps and priority directions for the future development of standardisation in the field of hydrogen technologies.

Key words: hydrogen, infrastructure, standardisation, safety, detection.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛ НА КАЧЕСТВОТО НА ВОДОРОДА В СПЕЦИАЛИЗИРАНИ ГАЗОВИ МРЕЖИ: ЕВРОПЕЙСКИ И МЕЖДУНАРОДНИ ПРАКТИКИ

Людмила Божкова

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София

РЕЗЮМЕ. В настоящия доклад е извършен анализ на развитието на водородната икономика, която се разглежда като ключов елемент от енергийния преход към нисковъглеродна енергийна система. За широкото внедряване на водорода в енергийната инфраструктура е необходимо разработването и прилагането на надеждни технически стандарти, които да гарантират безопасност, оперативна съвместимост и ефективен контрол на качеството на газа. Докладът представя обзор на съществуващите дейности по стандартизация в Европа и на международно ниво, с фокус върху водородните мрежи и качеството на газообразния водород. Разгледани са основни теми като откриване на течове и мониторинг на емисиите, одоризация на водорода (включително използването на безсерни одоранти), безопасност и предотвратяване на експлозии, системи за пречистване на водород, както и параметри за качество на газа. На базата на анализа са формулирани изводи относно съществуващите пропуски и приоритетните направления за бъдещо развитие на стандартизацията в областта на водородните технологии.

Ключови думи: водород, инфраструктура, стандартизация, безопасност, идентифициране.

Въведение

Техническите стандарти са основа за проектиране, изграждане, експлоатация и поддръжка на технически системи. Те определят изисквания към продукти, материали и процеси, както и отговорности на операторите на инфраструктурата, с цел гарантиране на функционалност, оперативна съвместимост и безопасност. При внедряването на водорода в европейската енергийна система, стандартите са критични поради специфичните свойства на H_2 , включително висока дифузионна способност, широк диапазон на запалимост и ниска енергия на запалване.

В настоящия обзор терминът „мрежа“ означава система от тръбопроводи за транспортиране на водород до крайни потребители или до други системи, включително подземни хранилища. Анализът се фокусира върху стандартизационни дейности в CEN, CENELEC, ISO, IEC и националните стандартизационни организации.

Текст

Стандартизационна рамка и видове документи

Документите по стандартизация се разработват от експертни групи, включващи оператори, производители, крайни потребители, държавни органи, индустриални асоциации и научно-технически организации. На

европейско и международно ниво ключови роли имат CEN/CENELEC и ISO/IEC.

Основните типове стандартизационни документи включват: Европейски стандарт (EN) като нормативен документ за внедряване на национално ниво; Техническа спецификация (TS) при недостатъчна зрелост на технологиите; Технически доклад (TR) като информативен документ; и CEN Workshop Agreement (CWA) като механизъм за съгласуване с индустрията.

Международното сътрудничество се подпомага чрез Vienna Agreement (CEN–ISO) и Frankfurt Agreement (CENELEC–IEC), които позволяват паралелна разработка и гласуване на стандарти и последващо приемане на международни стандарти като европейски.

Основни теми за стандартизация при водородни мрежи

В практиката, ключовите направления, които определят безопасността и оперативната съвместимост на водородните мрежи, включват:

- откриване на течове на водород и мониторинг на емисиите;
- одоризация на водород (вкл. безсерни одоранти) и детекция със и без одоризация;
- безопасност и технически решения за предотвратяване на запалване и експлозии;
- системи за пречистване на водород и контрол на примеси;

- параметри за качество на водорода за използване в мрежи и крайни приложения.

Откриване на течове и мониторинг на емисиите

Откриването на течове и мониторингът на емисиите са съществени както за безопасността, така и за екологичната отчетност (таблица 1). В зависимост от мащаба се прилагат „bottom-up“ подходи (локални измервания и инспекции) и „top-down“ подходи (обобщаващи методи за големи мрежи и хранилища). В системите за управление на безопасността тези дейности следва да бъдат интегрирани в оперативните процеси и плановете за поддръжка.

Таблица 1. Идентифицирани стандарти, свързани с откриването и мониторинга на течове по отношение на емисиите

Документ	Заглавие	Релевантност
ISO 14064-1:2019	Парникови газове – Спецификация с насоки на организационно ниво	релевантен
ISO/TS 19870:2023	Методология за определяне на ПГЗ емисии, свързани с производството, кондиционирането и транспорта на водород	релевантен
prEN ISO 19870-1	Методология за определяне на ПГЗ емисии – Производство до производствена врата	релевантен
ISO 19880-1:2020	Газообразен водород – Зарядни станции	релевантен
ISO/AWI TS 19880-10	Газообразен водород – Мобилни зарядни станции	релевантен
ISO 24367:2023	Безразрушителен контрол – Изпитване с акустична емисия – Метални съоръжения под налягане	релевантен
EN 13160-1 до -7	Системи за детектиране на течове – Части 1–7	информативен

Откриване на течове със и без одоризация; безсерни одоранти

Одоризацията е класически подход за повишаване на безопасността при газови мрежи. При водорода традиционните серни одоранти (използвани при природен газ) могат да бъдат неподходящи за редица приложения, особено при горивни клетки и чувствителни каталитични процеси. Това мотивира разработването на безсерни одоранти и критерии за избор, включително химична стабилност, съвместимост с материали, влияние върху пречистването и възможност за надеждно възприемане от хората.

Таблица 2. Идентифицирани стандарти, свързани с детектирането и мониторинга на течове

Документ	Заглавие	Релевантност
ISO/IEC 17025:2017	Общи изисквания за компетентност на изпитвателните лаборатории	релевантен
EN 13018:2001	Безразрушителен контрол – Визуален контрол – Общи принципи	релевантен
EN 13160-1 до -7	Системи за детектиране на течове – Части 1–7	информативен
EN 13184:2001	Безразрушителен контрол – Метод на промяна на налягането	релевантен
EN 13192:2001	Безразрушителен контрол – Калибриране на референтни течове за газове	релевантен
EN 13625:2001	Безразрушителен контрол – Ръководство за избор на инструментариум	релевантен
EN 14291	Пенообразуващи разтвори за детектиране на течове в газови инсталации	релевантен
EN 15446:2008	Фугитивни и дифузни емисии – Измерване	релевантен
EN 17649:2022	Газова инфраструктура – SMS и PIMS – Функционални изисквания	релевантен
EN ISO 18081:2024	Безразрушителен контрол – Изпитване с акустична емисия – Детектиране на течове	релевантен

Безопасност и предотвратяване на експлозии

Поради ниската енергия на запалване и широките граници на запалимост на водорода, управлението на риска трябва да се базира на комбинация от инженерни мерки (детекция, автоматични отсечки, вентилация), процедурни изисквания (инспекции, поддръжка) и стандартизирани методи за класификация на взривоопасни зони и избор на оборудване (таблицы 3 и 4).

Таблица 3. Стандарти, свързани с протоколи за безопасност

Документ	Заглавие	Релевантност
EN 17649	Газова инфраструктура – SMS и PIMS – Функционални изисквания	релевантен
prCEN/TS XXXX (JT006004)	Безопасност на водородния газ в затворени пространства	релевантен
ISO/TR 15916:2015	Основни съображения за безопасността на водородните системи	релевантен
EN ISO 22734-1:2025	Водородни генератори чрез електролиза на вода – Безопасност	информативен
ISO 16110-1:2007	Водородни генератори чрез технологии за преработка на горивото – Безопасност	информативен
ISO 19880-1:2020	Газообразен водород – Зарядни станции – Общи изисквания	информативен
ISO Guide 51:2014	Аспекти на безопасността – Насоки за включването им в стандарти	информативен

Таблица 4. Стандарти за технически решения за предотвратяване и управление на експлозии

Документ	Заглавие	Релевантност
EN 1127-1:2019	Взривоопасни атмосфери – Предотвратяване и защита – Основни концепции	релевантен
EN 13237:2024	Потенциално взривоопасни атмосфери – Термини и определения	информативен
EN 15198:2007	Методология за оценка на риска от незапалимо оборудване	релевантен
EN IEC 60079-0	Взривоопасни атмосфери – Оборудване – Общи изисквания	релевантен

EN IEC 60079-10-1	Взривоопасни атмосфери – Класификация на зони	релевантен
EN IEC 60079-14	Взривоопасни атмосфери – Проектиране, избор и монтаж на електрически инсталации	релевантен
EN IEC 60079-17:2024	Взривоопасни атмосфери – Проверка и поддръжка	релевантен

Системи за пречистване на водород

Произведеният водород може да съдържа примеси като H_2O , O_2 , N_2 , CO , CO_2 , CH_4 и следи от серни компоненти. Контролът на тези примеси е критичен за надеждността на инфраструктурата и крайните приложения, поради което са необходими стандартизирани изисквания за чистота и методи за анализ (таблица 5 и 6).

Таблица 5. Идентифицирани стандарти за параметри на качеството на водорода

Документ	Заглавие	Релевантност
CEN/TS 17977:2023	Газова инфраструктура – Качество на газа – Водород в преназначени газови системи	релевантен
EN 437	Изпитвателни газове – Изпитвателни налягания – Категории уреди	информативен
ISO 14687:2025	Качество на водородното гориво – Продуктова спецификация	релевантен
EN 16726	Газова инфраструктура – Качество на газа – Група H	информативен
EN 16723	Природен газ и биометан за транспорт и биометан за инжектиране в газови мрежи	информативен

Таблица 6. Идентифицирани стандарти за контрол и мониторинг на качеството на Водорода

Документ	Заглавие	Релевантност
EN 17124:2022	Водородно гориво – Спецификация и качествено осигуряване за точки за зареждане	релевантен

ISO 19229:2019	Газов анализ – Анализ на чистотата и обработка на данни	релевантен
ISO 19880-8	Газообразен водород – Зарядни станции – Контрол на качеството на горивото	информативен
ISO 21087:2019	Газов анализ – Аналитични методи за водородно гориво за ПЕМ горивни клетки	информативен
EN ISO 6974 (серия)	Природен газ – Определяне на водород, инертни газове и въглеродороди	релевантен

Параметри за качество на водорода в мрежи

Параметрите за качество на водорода в мрежи следва да отчитат съвместимостта с инфраструктурата и нуждите на крайни приложения. Стандартите дефинират допустими граници за примеси, процедури за пробовземане, методи за измерване и изисквания към мониторинга.

В момента повечето съществуващи стандарти за качество на водорода приемат гледната точка на приложенията. Не съществува специфичен европейски или международен стандарт, определящ качеството на газообразния водород в специализирани водородни мрежи.

На международно ниво ISO 14687:2025 е водещият документ. Определените класове са:

-Тип 1, Клас А (чистота: 98%) – за битови/търговски уреди за горене

-Тип 1, Клас В (чистота: 99,90%) – за промишлено гориво

-Тип 1, Клас С (чистота: 99,995%) – за авиационни и космически ПЕМ горивни клетки

-Тип 1, Клас D (чистота: 99,97%) – за ПЕМ горивни клетки за пътни превозни средства

-Тип 1, Клас Е – за ПЕМ горивни клетки за стационарни уреди

-Тип 1, Клас F – за приложения с водородни двигатели с вътрешно горене

Идентифициране на нуждите от стандартизация:

Анализът потвърждава необходимостта от нов стандарт за качеството на газообразния водород в специализирани водородни мрежи, приложим за входа на водорода от

производство или терминали в мрежата, както и за изхода от мрежата към свързаните приложения.

С оглед на европейската водородна карта, се препоръчва разработването на един стандарт за качество на водорода в газообразни водородни мрежи, независимо от вида на мрежата. CEN TS 17797 за „преназначени“ мрежи трябва да бъде свързан с нов стандарт.

Необходимостта от нови и/или адаптирани стандарти за контрол и мониторинг на качеството на водорода изисква допълнителен задълбочен анализ.

Заклучение

Наличните стандарти предоставят добра основа, но значителна част от тях произхождат от контекста на природния газ. При водорода са необходими специфични изисквания за мониторинг на течове и емисии, критерии и тестови методи за безсерни одоранти, както и унифицирани подходи за контрол на качеството. Приоритетно е разработването на стандартизирани методи за измерването на изтичането на водород и интегрирането им в системи за управление на безопасността.

Литература

Бояджиев, М. (2023). Възможни концентрации на водород в газоразпределителните мрежи, доклад в научна конференция, Виена, SGEM 2023, ISBN 978619760365-1 DOI 10.5593/sgem2023/4.2/s17.59.

Бояджиев М. М., Георгиев, Л. *Управление на газовата инфраструктура*, МГУ София, 190 р., ISBN 9128-7892.

ISO 14064-1:2019. Парникови газове — Част 1: Спецификация и насоки за количествено определяне и докладване на емисиите на парникови газове.

ISO/TS 19870:2023. Hydrogen technologies — Methodology for determining greenhouse gas emissions associated with hydrogen production and transport.

ISO 19880-1:2020. Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 1: General requirements.

ISO 24367:2023. Non-destructive testing — Acoustic emission testing — Leak detection.

EN 13306. Поддръжка — Терминология (Maintenance — Terminology).

Регламент (ЕС) № 1025/2012 относно европейската стандартизация.

HyQUAL NET. Standardisation Landscape Report (Deliverable D3.1): Hydrogen quality in dedicated gas networks.